

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу  
Найдена Ярослава Владимировича  
«Исследование космического микроволнового фона на низких  
пространственных частотах»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия

Современные исследования в области космологии привели к существенному продвижению в нашем понимании строения Вселенной, ее эволюции, соотношения форм материи ее заполняющих. Точность определения некоторых ключевых космологических параметров достигла уровня, позволяющего говорить о наступлении эры «прецизионной космологии». Это произошло во многом благодаря исследованиям космического микроволнового излучения (реликтового излучения), явления настолько уникального и содержащего в себе много ценной космологической информации, что за факт его открытия и исследования его свойств были получены две нобелевские премии.

Несмотря на очевидные успехи, работы по исследованию реликтового излучения не только не уменьшаются, но все больше активизируются, что обусловлено уникальностью получаемой информации и подтверждается недавно (17 марта 2014) анонсированным результатом по исследованию поляризации В-моды. Между тем анализ анизотропии реликтового излучения – задача довольно сложная, не всегда однозначная и сопряжена с множеством мешающих факторов. Поэтому представляется весьма важным развитие различных независимых методов обработки наблюдательных данных, разными научными группами. Целью представленной диссертационной работы является разработка новых методов анализа статистических свойств анизотропии реликтового излучения и применения их к наблюдательным данным.

Во **Введении** представленной диссертационной работы сформулированы актуальность, цели, новизна, степень достоверности, практическая значимость, основные результаты работы.

В **первой главе** приведены методы математического анализа на сфере, описана схема пикселизации неба Гаусса-Лежандра.

Во **второй главе** изложены методы исследования статистических свойств реликтового излучения, разработанные и модифицированные в ходе работы над диссертацией. Это модифицированный метод мозаичной корреляции. Метод анализа «гауссовости» анизотропии реликтового излучения – картографирующие эstimаторы. В частности, строятся два эstimатора, основанные на статистическом разбросе углового спектра мощности. Завершает главу описание системы Фурье-анализа одномерных сечений.

В **третьей главе** описываются и обсуждаются четыре основных результата реализации методов. Первый – это осевые симметрии в данных WMAP ILC, которые были обнаружены путем выделения симметричных зон относительно галактической и экваториальной плоскости. Показано, что низкие мультиполи сильно влияют на антикорреляцию выбранных областей. Второй – корреляции с инфракрасными и субмиллиметровыми источниками микроволнового фона на мультиполях  $l = 3$  и  $6$ , которые могли бы быть свидетельством вклада галактических и внегалактических компонент в реликтовое излучение. Третий – диполь карты эstimатора статистического разброса углового спектра мощности полушарий, совпадает с полюсами эклиптики. Четвертый – корреляционные свойства CMB, 2MRS и SDSS позволяют с помощью пятипараметрической корреляционной функции оценить наибольший масштаб ячейки неоднородности в различные космологические эпохи.

В **четвертой главе** описывается вычислительная web-система анализа данных на сфере на основе схемы пикселизации Гаусса-Лежандра.

В **пятой главе** приводится описание пакета GlesPy, который был разработан диссертантом и открыт для публичного доступа.



В заключении сформулированы основные результаты, выводы работы, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Поскольку диссертационная работа посвящена усовершенствованию методов анализ реликтового излучения, автору следовало бы более четко формулировать физические аспекты, связанные с этим явлением. Так, например, в диссертации содержится ряд принципиальных неточностей:

1. Введение (стр. 6), автор пишет: «**Это излучение является самым первым снимком Вселенной, который мы можем получить, т.к. оно начало формироваться в процессе первичного нуклеосинтеза [31].**» Эта фраза содержит, как минимум, две неточности. К настоящему времени это действительно первый (по времени от Большого Взрыва) *электромагнитный* снимок Вселенной, но не потому, что реликтовое излучение начало формироваться в процессе первичного нуклеосинтеза, что само по себе тоже неверно. Процесс первичного нуклеосинтеза протекает в первые секунды-минуты после Большого взрыва, при этом уже в первых численных расчетах этого процесса, выполнявшихся в 60е годы прошлого века, предполагалось, что реликтовое излучение уже рождено и сформировано (т.е. имеет планковский спектр). Сравнение расчетов первичного нуклеосинтеза с распространенностью легких элементов прекрасно подтверждает эти предположения и предоставляет нам возможность дальше всего по времени заглянуть в раннюю Вселенную (первые секунды). В то время как реликтовое излучение, в большей мере, отражает состояние Вселенной в момент ее «просветления», т.е. момент, соответствующий 380 тыс. лет после большого взрыва, до этого большая часть информации о более ранних эпохах была стерта из реликтового излучения термодинамическими процессами.

2. Введение (стр. 7) – огорчает размерность основной для этой науки формулы – формулы планка, которая у автора равна  $[\text{эрг}/\text{см}^2]$ , что по всей вероятности связано с неправильной степенью скорости света.

3. Глава 2 (стр. 28), автор пишет: «Одним из основных космологических параметров является так называемый *спектральный индекс*  $n_s$ . Инфляционная теория предсказывает плоский спектр ( $n_s=1$ ) – спектр Харрисона-Зельдовича». На самом деле плоский спектр предсказали Харрисон и Зельдович, а вот инфляция предсказывает хоть и близкий к плоскому спектр, но обязательно (!) отличный от 1 (количественно отклонение зависит от инфляционной модели), что и было обнаружено WMAP и подтверждено PLANCK'ом с большей достоверностью.

По оформлению диссертационной работы, также есть ряд замечаний:

1. Изобилие жаргонных (слэнговых) выражений, которые вдобавок с математически некорректными высказываниями приводят к весьма экзотическим конструкциям. Так, например, в определении точечного эстиматора автор утверждает, что они **«выдают в качестве результата одно значение, которое может быть как скаляром, так и вектором или функцией.»** В этой фразе смешаны различные математические объекты, с одной стороны скаляры и векторы, с другой стороны другой класс объектов – функции. При этом оппонент допускает, что одно значение может быть скаляром, но как одно значение может быть вектором или функцией, представить себе очень сложно.
2. Ряд рисунков (рис. 2.2, 2.3, 2.4, 2.6, 2.7, 3.14), представленных в диссертации, столь малы и нечетки, что они утрачивают какую-либо иллюстративную значимость.

**По-существу работы** имеется следующее замечание:

В основном положении, выносимом на защиту, утверждается об обнаружении максимального масштаба ячейки неоднородности крупномасштабной структуры  $D \sim 60$  Мпк на  $z = 0.8$  и  $1.9$ . Данное утверждение представляется как результат анализа наблюдательных данных. Однако практически полностью отсутствует какая-либо интерпретация, как величины масштаба, так и значений красных смещений, что существенно затрудняет оценку значимости полученного результата.

Несмотря на упомянутые замечания, считаю, что диссертационная работа Найдена Ярослава Владимировича «Исследование космического микроволнового фона на низких пространственных частотах», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия, соответствует требованиям, предъявляемым к работам данного уровня, а ее автор заслуживает присуждения указанной ученой степени.

Старший научный сотрудник  
Сектора теоретической астрофизики  
Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН,  
доктор физико-математических наук,

Иванчик А.В.

24.03.2014



Подпись А.В. Иванчик удостоверяю  
зав.отделом кадров ФТИ им.А.Ф.Иоффе

